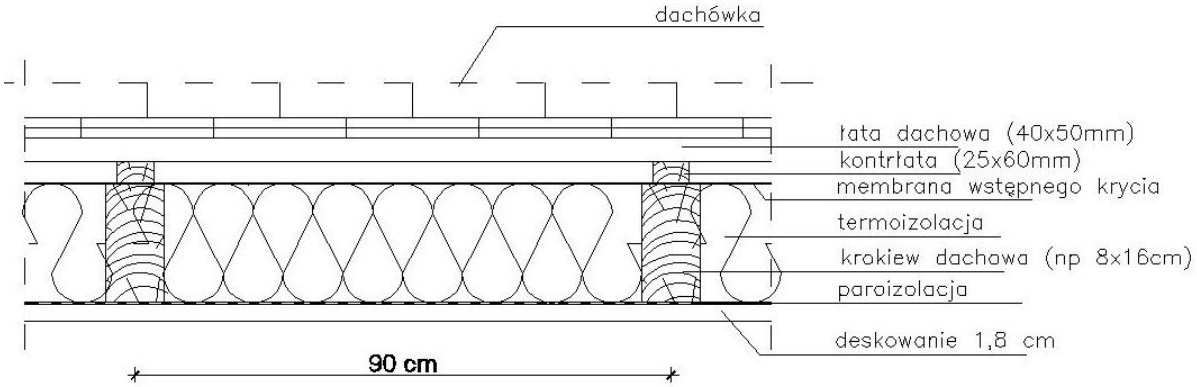
Dachy skośne - porównanie systemu izolacji nakrokwiowej płytami poliuretanowymi z metodami wykorzystującymi tradycyjne materiały budowlane

Około trzydzieści lat temu w Polsce upowszechniły się techniki zagospodarowywania poddaszy dachów skośnych na cele mieszkalne i użytkowe. Kilkadziesiąt lat doświadczeń pozwoliło wypracować nowe techniki izolowania stropodachów umożliwiających zredukowanie kosztów budowy i użytkowania poddaszy ogrzewanych.

Tradycyjne rozwiązania stropodachów poddaszy

Dachy skośne w architekturze polskiej mają wielowiekową tradycję. Przez setki lat służyły jako zabezpieczenie budynku przed wpływami czynników atmosferycznych dzięki wytworzeniu przestrzeni buforowej w postaci poddasza nieużytkowego. Współcześnie w większości budynków z dachami skośnymi wykorzystuje się przestrzeń poddasza na cele użytkowe. Aby zapewnić odpowiedni komfort w pomieszczeniach poddasza, należy ze szczególną starannością dobierać rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe przegród zewnętrznych, których większą część stanowi stropodach. Położenie wzajemne warstw w stropodachach powinno uwzględniać wszystkie zjawiska cieplno-wilgotnościowe zachodzące w przegrodach zewnętrznych tj. zjawisko przepływu pary wodnej oraz przepływu ciepła.
Ze względu na często stosowaną drewnianą konstrukcję stropodachu skośnego należy zwrócić uwagę nie tylko na właściwą izolację cieplną (właściwe ocieplenie), ale również na ochronę konstrukcji przegrody przed wilgocią wewnętrzną i zewnętrzną. Właściwą ochronę przegrody przed wilgocią zewnętrzną gwarantuje poprawnie wykonane pokrycie dachu natomiast przed wilgocią wewnętrzną chroni warstwa paroizolacyjna. Na rysunku 1 przedstawiono przekrój pionowy dachu prostopadły do krokwi z pokazaniem położenia poszczególnych, tradycyjnie stosowanych warstw stropodachów.



Rys.1 Przekrój pionowy przez typowy, tradycyjny izolowany termicznie stropodach skośny.

Ponieważ stropodach stromy narażony jest na zawilgocenie od zewnątrz opadami atmosferycznymi, a od wewnątrz parą wodną przepływającą przez przegrodę na zewnątrz, nad pomieszczeniami mieszkalnymi poddasza należy budować konstrukcje stropodachów szczelinowych wentylowanych. Wentylacja stropodachu jest możliwa po utworzeniu szczeliny powietrznej między pokryciem dachowym a górną powierzchnią termoizolacji.

Zgodnie z normą DIN 4108-3 [1] powierzchnie szczelin powietrznych stropodachów szczelinowych wentylowanych o pochyleniu połaci do 50° w przeliczeniu na jednostkową powierzchnię połaci dachowej F_D [cm^2] wynoszą:

- Na wlocie powietrza
  F_E=0, 002FD
- Na wylocie powietrza
  F_A=0, 0005FD

Symbol F_A oznacza łączną powierzchnię szczelin wylotowych w kalenicy w obydwu połaciach dachowych. Przekrój poprzeczny szczeliny F_L na całym obwodzie połaci dachowej powinien spełniać warunek $F_L \geq F_E$. Ponadto minimalna grubość szczeliny F_L między okapem a kalenicą powinna wynosić 2,0 cm. Podane powierzchnie szczeliny (w przekroju poprzecznym) są wielkościami minimalnymi, których zastosowanie umożliwi całkowite odprowadzenie pary wodnej przez strumień powietrza ze szczeliny dachu na zewnątrz.

Dobór i położenie termoizolacji w stropodachach poddaszy

Materiały stosowane do izolacji cieplnej konstrukcji dachu poddaszy mieszkalnych wpływają na zmniejszenie przepływu ciepła z wnętrza mieszkalnego na zewnątrz budynku w okresie grzewczym oraz umożliwiają utrzymanie tzw. temperatury komfortu, wymaganej dla pomieszczeń mieszkalnych w okresie letnim i zimowym.

Właściwe zaizolowanie termiczne poddasza mieszkalnego wpływa na zmniejszenie zapotrzebowania na energię zużywaną na ogrzewanie budynku i na ewentualne koszty klimatyzacji wnętrz, a tym samym zmniejsza koszty eksploatacji budynku. Podczas prowadzenia robót izolacyjnych dachów poddaszy mieszkalnych ważny jest właściwy dobór materiału termoizolacyjnego dostosowanego do rodzaju konstrukcji stropodachu. W celu ułatwienia doboru materiału termoizolacyjnego do ocieplenia stropodachu w tablicy 1 przedstawiono przegląd najczęściej stosowanych w Polsce materiałów z uwzględnieniem ich cech mechanicznych i izolacyjność z podziałem na następujące grupy:

- materiały izolacyjne w rolach - maty izolacyjne,
- materiały miękkie i półsztywne – płyty izolacyjne,
- sztywne płyty izolacyjne
- izolacje natryskowe.

Przy obliczaniu współczynnika ciepła U stropodachu nie uwzględnia się warstw nad warstwami wentylowanymi oraz izolacyjności szczelin wentylacyjnych. Także warstwy wykończeniowe nie mają większego udziału w izolowaniu termicznym stropodachów. Najważniejszą warstwą izolacyjną jest izolacja termiczna. Podstawowym parametrem wysokosprawnych materiałów izolacyjnych jest współczynnik przewodności cieplnej λ[W/(mK)]. Współcześnie producenci izolacji termicznych dążą do uzyskania jak najniższych wartości tego współczynnika w celu uzyskania najefektywniejszych materiałów termoizolacyjnych. Izolacyjność cieplna materiału ma bezpośredni wpływ na grubość stosowanej warstwy termoizolacji w stropodachu. Zestawienie parametrów powszechnie stosowanych materiałów do izolowania termicznego stropodachów poddaszy pokazano w tabl. 1.

Tablica 1
Materiały do izolacji cieplnej stropodachów poddaszy ogrzewanych

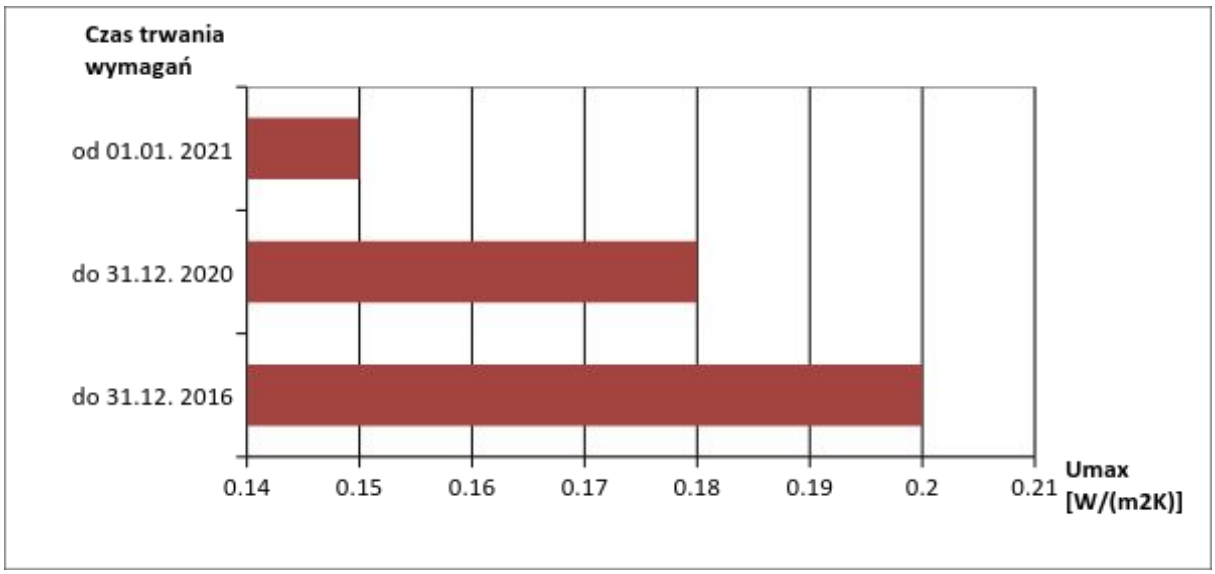
Lp.	Rodzaj materiału lub wyrobu termoizolacyjnego	Masa objętościowa [kg/m^3]	Współczynnik

			przewodności cieplnej λ_D [W/(m K)]
1	Maty: maty z wełny skalnej	22	0,042
	maty z wełny szklanej	12-15	0,037-0,039
2	Płyty izolacyjne: płyty z wełny skalnej	35	0,035
	płyty z wełny szklanej	15	0,039
	płyty ze styropianu EPS	12-15	0,038
	płyty ze styropianu XPS	30-45	0,035
	płyty PUR	30	0,023
	płyty PIR	30-32	0,021-0,024
3	Izolacje natryskowe z otwartokomórkowej pianki PUR	7-10	0,038
4	Izolacje natryskowe z zamkniętokomórkowej pianki PUR	≥ 34	0,027-0,029

Uwaga: Dane fizyczne materiałów w tabl. 1 podano wg danych producentów [4] dla najbardziej popularnych produktów stosowanych w stropodachach skośnych.

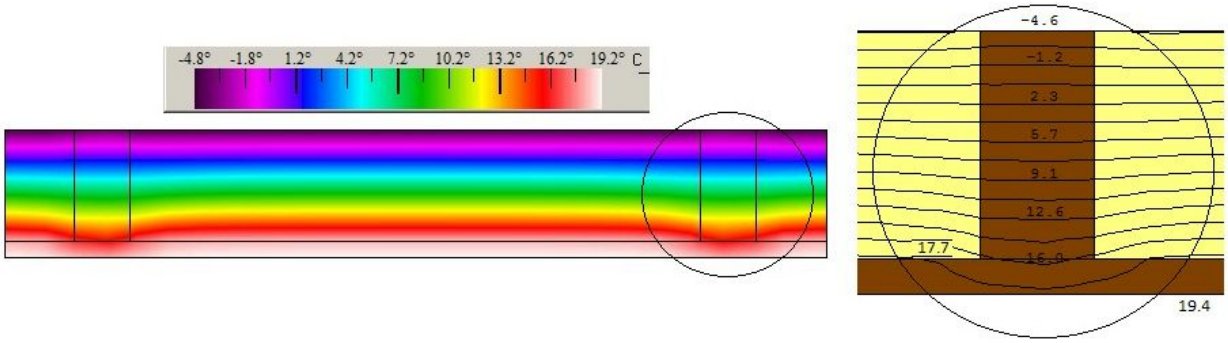
Izolacyjność cieplna stropodachów skośnych

Podstawowym kryterium określania izolacyjności cieplnej stropodachów jest wyznaczany obliczeniowo współczynnik przenikania ciepła U. W aktualnym rozporządzeniu Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej [2] maksymalne wartości współczynników przenikania ciepła U_{max} dla stropodachów nie powinny przekraczać wartości U_{max}= 0,20 [W/(m^{2}K)]. W kolejnych latach dopuszczalny współczynnik U_{max} maleje od roku 2017 do wartości U_{max} = 0,18 [W/(m^{2}K)] i od roku 2021 do wartości U_{max} = 0,15 [W/(m^{2}K)] -por. rys.2.



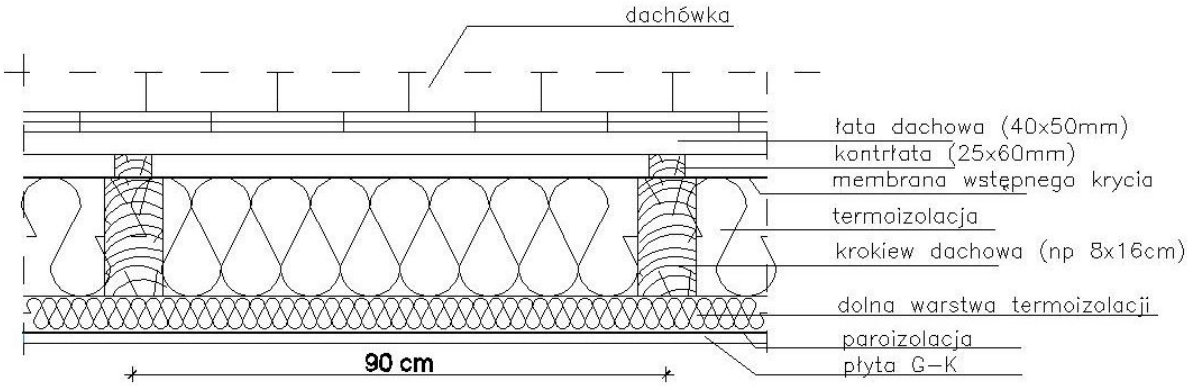
Rys.2 Wymagania dotyczące izolacyjności cieplnej stropodachów nad pomieszczeniami ogrzewanymi (t_i>16ºC) zawarte w [2].

Przy określaniu współczynnika przenikania ciepła U stropodachu, zalecane jest zgodnie z PN-EN ISO 6946:2008 [3] uwzględnienie niejednorodności (nieciągłości) warstw izolacyjnych stropodachów skośnych. Przykładowo w tradycyjnych stropodachach z izolacją między krokwiami (por. rys.1) występują znaczne różnice w izolacyjności przegrody analizowanej w przekroju przez izolację termiczną i w przekroju przez krokwie (por. rys.3).



Rys.3 Model rozkładu temperatur w stropodachu pokazanym na rys.1. Jako warunki zewnętrzne przyjęto temperaturę -5ºC, a jako warunki wewnętrzne +20 ºC.

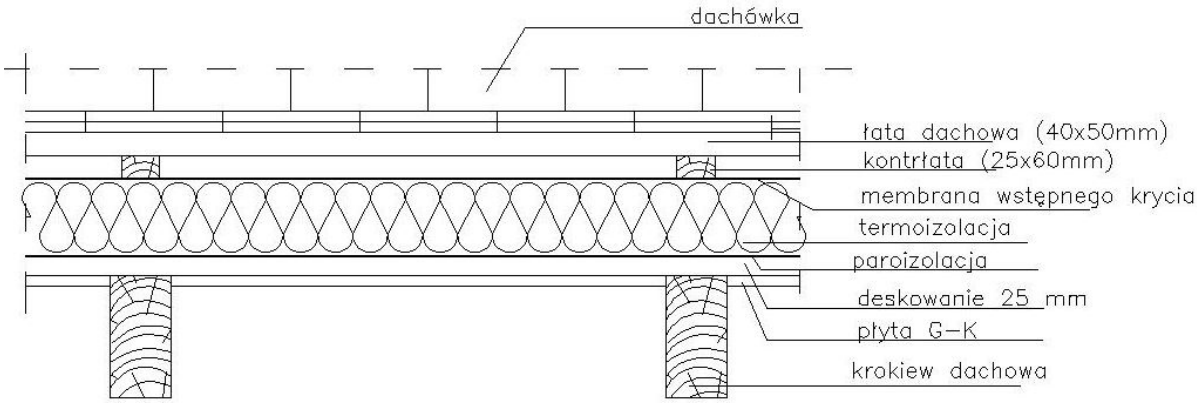
W celu zredukowania wpływu niejednorodnych parametrów termicznych stropodachu powstających w przekroju krokwi dachowych powszechnie stosuje się dodatkową warstwę termoizolacji mocowaną pod krokwiami (rys.4). Popularne jest zastosowanie dolnej warstwy izolacji z płyt z wełny mineralnej lub materiałów o podwyższonym oporze dyfuzyjnym. Rozwiązaniem pozwalającym na zredukowanie grubości izolacji między krokwiami jest zastosowanie pod krokwiami warstwy płyt PIR lub PUR (por. tabl.2).



Rys.4 Przekrój pionowy przez stropodach skośny z warstwą izolacji pod krokwiami.

Nowym rozwiązaniem całkowicie redukującym wpływ przewodzenia ciepła przez krokwie jest zastosowanie warstw izolacji termicznej na krokwiach. Do izolowania dachów z termoizolacją układaną na krokwiach najczęściej stosowane są płyty PIR, PUR lub XPS.

Płyty układane są na powierzchni dachu w układzie mijankowym, krawędzie płyt są fabrycznie frezowane przez co można je łączyć zwykle "na wpust i pióro". Takie rozwiązanie nie tylko poprawia izolacyjność przegrody, ale również poprawia szczelność dachu w dolnej płaszczyźnie odwodnienia (w szczelinie wentylacyjnej). Przykład rozwiązania stropodachu skośnego z izolacją układaną na krokwiach pokazano na rys.5.

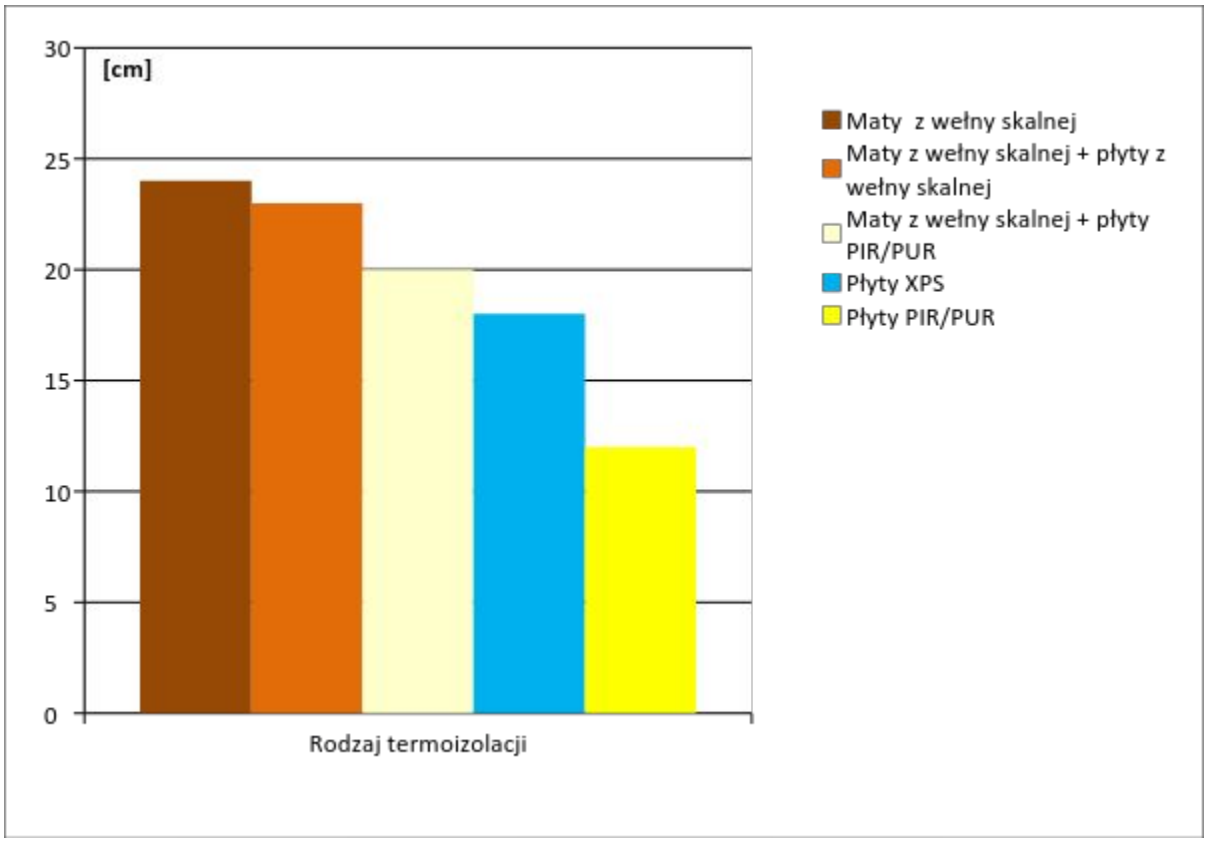


Rys.5 Przekrój pionowy przez nowoczesny stropodach skośny z warstwą izolacji mocowaną nad krokwiami.

Na podstawie przeprowadzonych analiz obliczeniowych sprawdzono minimalną grubość termoizolacji spełniających współczesne wymogi cieplne [2] dla standardowych rozwiązań materiałowych stropodachów skośnych skonstruowanych zgodnie z rys.1, 4 i 5. Zestawienie wyników obliczeń dla 8 cm szerokości przekroju krokwi pokazano w tablicy 2. Graficzne porównanie wyników pokazano na rys.6

Tablica 2. Porównanie minimalnej grubości termoizolacji stropodachów skośnych dla powszechnie stosowanych materiałów termoizolacyjnych ($U \leq 0{,}20$[W/(m^{2}K)])

Lp.	Rozwiązanie konstrukcji stropodachu skośnego	Rodzaj materiału	Współczynnik przewodności cieplnej λ_D [W/(m K)] w średniej temperaturze 10^{0}C.	Minimalna grubość termoizolacji spełniająca wymagania [2] [cm]
1.	Wg rys.1	Maty z wełny skalnej	0,042	24
2.	Wg rys.4	Maty z wełny skalnej + płyty z wełny skalnej	0,042/0,035	18+5
		Maty z wełny skalnej + płyty PIR/PUR	0,042/0,022	16+4
4.	Wg rys.5	Płyty XPS	0,036	18
		Płyty PIR/PUR	0,022	12



Rys. 6 Zestawienie minimalnych grubości termoizolacji stropodachów skośnych spełniających współczesne wymagania ochrony cieplnej ($U \leq 0{,}20[W/(m^2K)]$).

Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń można stwierdzić, że stosowanie jednowarstwowej termoizolacji między krokwiami (por. rys.1) jest nieefektywne. Ze względu na straty ciepła przez belki więźby dachowej należałoby stosować wysokie przekroje krokwi co jest nieuzasadnione ekonomicznie. Rozwiązanie pokazane na rys. 4 może być stosowane we współczesnym budownictwie jednakże ze względu na stale rosnące wymagania ochrony cieplnej budynków zwiększająca się grubość warstwy dolnej izolacji będzie zmniejszać kubaturę przestrzeni poddasza. W celu zredukowania grubości dolnej warstwy termoizolacji zaleca się stosowanie wysokosprawnych termicznie materiałów takich jak płyty PIR lub PUR. Najlepszym termicznie rozwiązaniem jest zastosowanie ciągłej warstwy izolacji na krokwiach, która pozwala na znaczne obniżenie ilości użytego materiału termoizolacyjnego. Najlepsze efekty izolacyjne daje zastosowanie twardych płyt PIR/PUR, które nie tylko pozwalają na realizację najbardziej skutecznej termoizolacji, ale także pozwalają na zmniejszenie kosztów realizacji stropodachu dzięki możliwości mocowania ich bezpośrednio do krokwi bez warstwy deskowania.

Literatura

1. DIN 4108-3 – Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden - Teil 3: Klimabedingter Feuchteschutz - Anforderungen, Berechnungsverfahren und Hinweise für Planung und Ausführung.

2. Rozporządzenie Ministra Infrasruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 (Dz. U. Nr 75, poz. 690) z późniejszymi zmianami

3. PN-EN ISO 6946:2008 Komponenty budowlane i elementy budynku. Opór cieplny i współczynnik przenikania ciepła. Metoda obliczania

4. Deklaracje techniczne producentów materiałów termoizolacyjnych.